

# Calles deseadas: índice para evaluar la caminabilidad en Bogotá

Luis A. Guzmán

[la.guzman@uniandes.edu.co](mailto:la.guzman@uniandes.edu.co)

Julian Arellana

[jarellana@uninorte.edu.co](mailto:jarellana@uninorte.edu.co)

William Felipe Castro

[wf.castro10@uninorte.edu.co](mailto:wf.castro10@uninorte.edu.co)

## Documento de trabajo

*Working paper*



---

Octubre 2022

## RESUMEN

Aunque las evaluaciones de la caminabilidad han gozado de gran popularidad, estas medidas suelen omitir los atributos de microescala, además de las percepciones de los peatones sobre el entorno construido. Por lo general, las medidas de caminabilidad se basan en atributos de mesoescala debido a su facilidad de medición. Los índices de caminabilidad que combinan características de mesoescala y microescala del entorno construido son relativamente nuevos y aún no se han usado para evaluar la caminabilidad a gran escala. Este estudio presenta la evaluación de la caminabilidad de toda la red vial de Bogotá (Colombia), destacando las diferencias de percepción entre diferentes tipos de peatones y la distribución desigual de la calidad de la infraestructura peatonal en la ciudad. Los resultados muestran diferencias significativas según el grupo socioeconómico y la edad de los peatones. Sin embargo, no se encontraron diferencias de percepción y preferencias entre hombres y mujeres. Esta metodología es una herramienta útil para la planificación de políticas orientadas a incentivar la caminata en la ciudad, ya que identifica segmentos y zonas para intervenciones que mejoren las condiciones de la red peatonal y también estima el efecto sobre la caminabilidad en función de los probables cambios en los factores de microescala según el tipo de peatón.

Palabras clave: Caminabilidad; satisfacción de los peatones; encuestas ranking; variables de microescala; Bogotá.

*Este documento es una versión adaptada de un artículo original publicado en Transportation Research Part D: Transport and Environment, Special Issue: Equitable Active Transport*

Cómo citar: Guzman, L.A., Arellana, J., Castro, W.F., 2022. Desirable streets for pedestrians: Using a street-level index to assess walkability. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 111, 103462. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103462>

## 1. INTRODUCCIÓN

Caminar beneficia a la sociedad y al entorno urbano al reducir el consumo de energía, mitigar las emisiones y disminuir los niveles de ruido (Hickman et al., 2013). Además, caminar es una de las actividades más saludables para la población (Adams et al., 2014; Haines et al., 2009). La ampliación y mejoramiento de los andenes (o aceras), teniendo en cuenta las necesidades de personas con limitaciones físicas, ancianos y niños, la siembra de más árboles, la iluminación nocturna, la pacificación y disminución del tráfico, la diversidad de usos del suelo y actividades, los espacios y cruces seguros, son aspectos esenciales para fomentar los desplazamientos a pie y la apropiación de los entornos urbanos. La mejora de las infraestructuras peatonales y del entorno construido aumenta el tráfico de peatones (Larrañaga et al., 2016) y multiplica la actividad económica (Volker y Handy, 2021).

Las calles caminables fomentan los viajes a pie (Frank et al., 2010), lo cual es crucial para mejorar el bienestar de la sociedad y la habitabilidad urbana. En este sentido, el entorno construido es determinante para fomentar o disuadir los desplazamientos a pie (Guzman et al., 2020; Larranaga et al., 2019; Saelens y Handy, 2008). Sin embargo, la relación entre los atributos del entorno construido y el hábito de caminar es compleja y la investigación al respecto, particularmente en ciudades en desarrollo, es insuficiente, particularmente si hablamos de escalas micro. En la literatura actual, no hay consenso sobre los factores, las escalas y las medidas que deben incluirse en esa relación (Arellana et al., 2020). Además, el rol de factores no observables y de las percepciones apenas comienza a desentrañarse. Todo lo anterior da lugar a un intrincado marco de influencias que los investigadores y los responsables políticos desconocen en gran medida.

Una característica constante en la planificación urbana y del transporte de las ciudades en desarrollo es el rol protagónico de la infraestructura dedicada al transporte motorizado (automóvil y motocicleta), a pesar del predominio de los modos activos (Uteng y Lucas, 2017). En el caso de Bogotá, el entorno peatonal no es suficientemente adecuado y seguro. La ciudad acaba de finalizar su Plan de Ordenamiento Territorial y quiere garantizar que los peatones tengan prioridad en la circulación y disfruten de una red conectada, mejorando la seguridad, la comodidad y su atractividad. Esto es importante, porque está demostrado que

la gente no suele tomar el camino más corto cuando camina. Por el contrario, los peatones tienden a frecuentar las calles más atractivas, independientemente del propósito del viaje, la duración y la hora del día (Bongiorno et al., 2021; Salazar Miranda et al., 2021).

Las calles de ciudades como Bogotá no suelen ser seguras para los peatones. Los peatones representaron el 47% (236 personas) de todas las muertes de tráfico de la ciudad en el 2019. Los asaltos y robos en la calle también son parte de la vida cotidiana. Por lo tanto, un paso esencial hacia calles más deseables y atractivas es entender los factores que influyen en la caminabilidad y si este comportamiento es impulsado por componentes observables (por ejemplo, el entorno construido) y factores no observables (por ejemplo, las percepciones) a diferentes escalas y conforme a las características de los peatones. Por ejemplo, el nivel socioeconómico y las diferencias de sexo merecen una atención especial en este tema.

El objetivo principal de este estudio es desarrollar un marco de evaluación de la caminabilidad a meso y microescala mediante una encuesta tipo ranking, que incluya las características socioeconómicas de los peatones y los atributos del entorno construido a nivel micro, para apoyar la planificación y el diseño urbano de entornos más caminables.

## **2. CAMINABILIDAD: ESCALAS Y DETERMINANTES**

La caminabilidad, definida como el grado en que el entorno urbano es amigable para los peatones (Moura et al., 2017), es un tema de investigación popular a nivel mundial, especialmente en los países desarrollados. La mayoría de los estudios sobre la caminabilidad utilizan variables a mesoescala (es decir, a escala de barrio o de zona), pero son pocos los que tienen en cuenta las variables a nivel de calle (microescala). Ambos tipos de variables son esenciales para representar el grado de caminabilidad del entorno urbano, especialmente en el contexto urbano del mundo en desarrollo, donde el estado de la infraestructura peatonal muchas veces es una barrera para caminar (Larranaga et al., 2019) y otros aspectos como la seguridad vial y personal pueden influir en la cantidad de viajes a pie (Arellana et al., 2020).

Las variables de mesoescala se centran en las características objetivas del entorno construido, generalmente utilizando un alto nivel de agregación. Las ya conocidas 5D (Diversidad (*Diversity*), Densidad (*Density*), Diseño (*Design*), Accesibilidad al destino

(*Destination accessibility*) y Distancia al transporte público (*Distance to transit*) resumen las características más reconocidas del entorno construido (Ewing y Cervero, 2010) para evaluar la caminabilidad de una zona urbana. La diversidad se refiere a la combinación de usos del suelo. Una mayor combinación de usos del suelo fomenta más viajes a pie (Guzman et al., 2020). La densidad suele referirse a cantidad de actividad comercial o a la población por unidad de área. Una mayor densidad comercial se correlaciona positivamente con una alta actividad peatonal (Adams et al., 2014; Frank et al., 2010). También una alta densidad poblacional está directamente relacionada con más viajes a pie (Larrañaga et al., 2016). El diseño está relacionado con la conectividad vial, comúnmente medida por la densidad de intersecciones en una zona determinada. También se ha reconocido que una mayor conectividad de la red peatonal influye directamente en los viajes a pie (Frank et al., 2007). La accesibilidad al destino describe la forma en que el entorno construido proporciona acceso a los peatones a los diferentes servicios urbanos (Talavera-García y Soria-Lara, 2015). La separación espacial, la concentración de oportunidades y las medidas de accesibilidad (Geurs y van Wee, 2004) de los espacios abiertos (parques), zonas comerciales, institucionales o residenciales se utilizan para representar esta D. Por último, la distancia al transporte público se refiere a la ruta más corta hasta la parada o estación más cercana. Una medida alternativa en este caso es la densidad de estaciones de transporte público. No obstante, estudios previos sugieren que incluso cuando se dan las condiciones ambientales adecuadas a escala agregada, otros factores pueden influir en el comportamiento de caminabilidad, como el nivel de ingreso, el tipo de hogar o el nivel de motorización (Manaugh y El-Geneidy, 2011), especialmente en zonas de bajos ingresos (Steinmetz-Wood y Kestens, 2015).

Una desventaja del uso de variables de mesoescala es la suposición de que las características del entorno construido son homogéneas dentro de la unidad de análisis. Estas variables no captan las diferencias en términos de seguridad, iluminación, barreras peatonales, calidad de los andenes y otros atributos; tampoco tienen en cuenta la forma en que las personas perciben dichos atributos. Además, este enfoque agregado puede incluso mostrar diferencias notables en las puntuaciones de caminabilidad en algunas zonas (Shashank y Schuurman, 2019). Usar solo variables de mesoescala podría ser particularmente engañoso porque la calidad de los andenes y los factores del entorno

construido pueden variar dentro de la misma zona, manzana por manzana, como de hecho ocurre en las ciudades latinoamericanas (Sarmiento et al., 2021).

Hay evidencia en las ciudades desarrolladas, utilizando herramientas virtuales, de que los atributos de microescala promueven los desplazamientos a pie por ocio, pero no necesariamente los desplazamientos a pie obligatorios (Steinmetz-Wood et al., 2019). Las variables de microescala desempeñan un papel crucial en la definición de la caminabilidad porque proporcionan un mayor nivel de detalle a nivel de calle, representando características antes no evaluadas del entorno construido (Kim et al., 2014; Larranaga et al., 2019; Park et al., 2014). Por ejemplo, la seguridad vial y personal, influyen en gran medida en la caminabilidad de las ciudades latinoamericanas (Arellana et al., 2020). La seguridad personal se refiere a la percepción de seguridad en términos de crimen, robo o inseguridad en las calles. Esto podría ser muy importante para una ciudad como Bogotá, donde los peatones son más susceptibles ser víctimas de delincuentes en comparación con las personas que van en automóvil (Singleton y Wang, 2014). Existen dos dimensiones de la seguridad personal: la objetiva y la subjetiva. La dimensión objetiva está asociada a la frecuencia de los crímenes. La dimensión subjetiva está relacionada con la percepción de esos crímenes y las actividades criminales. Los elementos del entorno que se contemplan dentro de la seguridad personal son generalmente la presencia de cámaras de seguridad, las comisarías, agentes de policía, la intensidad y el registro de los delitos, la actividad peatonal y la calidad de la iluminación (Singleton y Wang, 2014). Por otro lado, la seguridad vial comprende la percepción de las interacciones y conflictos con los vehículos, así como el volumen y la velocidad del tráfico motorizado. El entorno urbano debe proteger a los peatones del tráfico en las calles (Saelens et al., 2003).

Además de los factores mencionados, otras variables de microescala se refieren a otros atributos a nivel de calle que influyen en los viajes a pie. Algunos ejemplos de estos atributos de microescala incluyen el volumen de tráfico, su velocidad, los semáforos o los cruces peatonales, el ancho de la calle, la intensidad y la gravedad de los siniestros de tráfico, el ancho del andén (que permite que las personas caminen juntas), la presencia de huecos y grietas, la presencia de rampas, la infraestructura para personas con limitaciones físicas, niños y ancianos, y la invasión del espacio debido a la presencia de vendedores ambulantes, bicicletas, vehículos estacionados u otros (Kim et al., 2014).

La calidad de la infraestructura peatonal se refiere a las condiciones y características (por ejemplo, espacio disponible, ancho, delimitación, tipos de superficies) que hacen físicamente posible caminar de un lugar a otro. Estas son de gran importancia en ciudades como Bogotá, donde las condiciones de los andenes varían: en algunos casos no existen, el camino puede no estar pavimentado (o muy deteriorado), puede no haber zonas verdes o iluminación deficiente (Lunecke y Mora, 2018), o están plagas de entradas vehiculares. Además, la presencia de árboles, la estética de los edificios y la calidad del entorno urbano influyen en la percepción de comodidad al caminar.

El modelo jerárquico de las necesidades para caminar es un marco valioso para comprender cómo influyen todas estas variables en la caminabilidad debido a la dificultad de definir y unificar las variables de meso y microescala. Según este modelo, una vez tomada la decisión de realizar el viaje a pie, existen cinco niveles de necesidades para caminar cómodamente: accesibilidad, seguridad personal, seguridad vial, calidad de la infraestructura y comodidad (Alfonzo, 2005; Arellana et al., 2020; Hasan et al., 2015). Esto implica que un entorno construido cómodo no hace necesariamente que una persona camine si las condiciones de seguridad (una necesidad de orden superior) no son aceptables (Alfonzo, 2005). Además, pueden valorarse de forma diferente según el tipo de peatón (Lucchesi et al., 2021). Por ello, estos factores se evalúan por medio de percepciones, normalmente mediante encuestas tipo ranking. Cada factor representa experiencias sociales subjetivas, emociones o patrones de comportamiento. Por lo tanto, estos factores van acompañados de componentes de percepción para estimar su importancia.

Con base en investigaciones anteriores (Arellana et al., 2020), se desarrolló una evaluación de la caminabilidad a gran escala en Bogotá que permite tener en cuenta las características de los peatones y los atributos de meso y microescala del entorno construido para apoyar la planificación y el diseño urbano de entornos más caminables. La influencia de los factores de microescala en la caminabilidad rara vez se ha evaluado en profundidad. Este estudio contribuye a llenar los vacíos existentes en la literatura mediante la estimación de un índice de caminabilidad que combina variables de meso y microescala, teniendo en cuenta diferentes tipos de peatones, utilizando encuestas tipo ranking, donde la cantidad y la calidad de la infraestructura peatonal es diversa y desigual en la ciudad.

### **3. CAMINANDO POR BOGOTÁ**

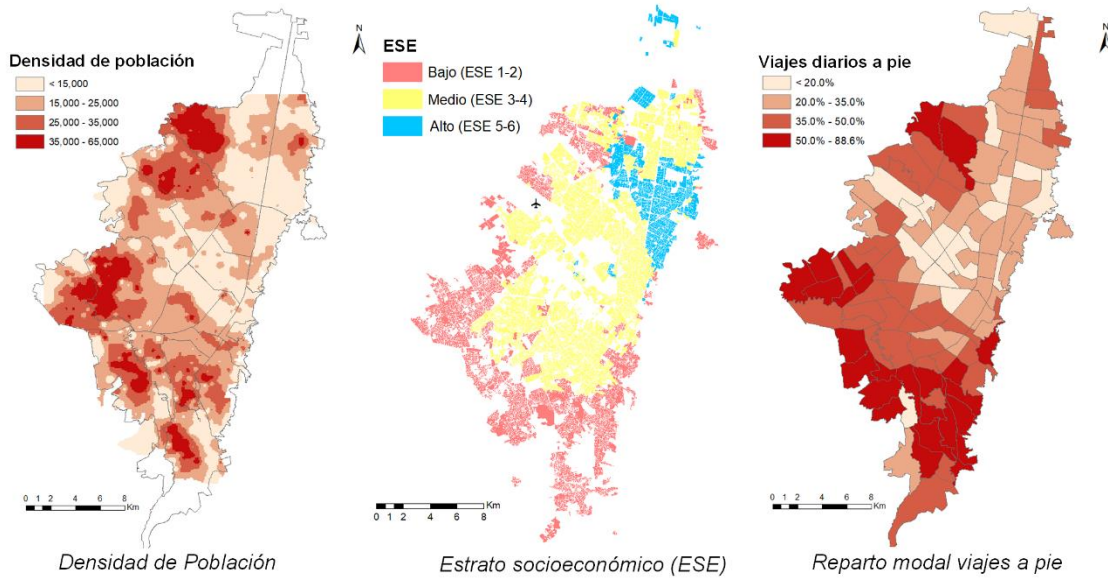
Bogotá es una ciudad densa: 7.42 millones de personas viven en 380 km<sup>2</sup>, donde aproximadamente el 36% de sus viajes diarios se realizan a pie como modo de transporte principal<sup>1</sup>. Además, el 26% de los viajes se realizan en transporte público, el 17% en transporte privado (automóvil y motocicleta), el 3.5% en taxi y el 6% en bicicleta. En general, es necesario caminar para utilizar todos estos modos de transporte. En cuanto al uso del suelo, el suelo residencial en Bogotá y en Colombia, se clasifica en seis estratos socioeconómicos (ESE), donde el ESE 1 corresponde a las zonas de menores ingresos y el ESE 6 a las zonas con mayores ingresos. Esta variable se utilizará como proxy del nivel promedio de ingresos de los hogares (Cantillo-García et al., 2019) dentro de la metodología propuesta. En este caso, los ESE 1 y 2 se clasifican como zonas de renta baja, los ESE 3 y 4 como de renta media, y los ESE 5 y 6 como zonas de renta alta.

Como se observa en la Figura 1, la densidad de población es mayor en la periferia urbana, mientras que el empleo y los servicios se concentran en el extremo oriental de la ciudad (zonas de mayor ingreso). La mitad de la población vive en zonas de bajos ingresos (ESE 1 y 2), donde se enfrentan a una limitada accesibilidad al trabajo, independientemente del modo de transporte utilizado y ven restringidas las oportunidades de interacción social, de atención médica, de ocio y de servicios de transporte público (Oviedo y Guzman, 2020). La Figura 1 también muestra que las zonas de estratos más bajos (1 y 2) son las zonas en las que se producen más viajes a pie en un día típico en la ciudad. En estudios anteriores se ha comprobado que los habitantes que viven en zonas de usos único y de baja empleabilidad, tienden a tener mayores distancias de caminata (Guzman et al., 2020).

---

<sup>1</sup> Viajes de más de 3 min.





**Figura 1. Densidad poblacional, estratos en Bogotá y reparto modal de viajes a pie**

En varias ciudades, los desplazamientos a pie son un parte importante de la movilidad diaria. Bogotá es una de esas ciudades, donde antes de la pandemia se realizaban aproximadamente 5.7 millones de viajes a pie de más de 3 minutos cada día. La evidencia sugiere que los viajes a pie aumentaron durante y después de la pandemia, especialmente en el segmento de mayores ingresos (Guzman et al., 2021a). Aunque esto puede parecer un buen indicador, muchas personas caminan en Bogotá porque no tienen otra opción. Hay dos extremos opuestos: las personas de bajos ingresos que caminan largas distancias, ya sea para acceder a los servicios de transporte o para llegar directamente a sus destinos y las personas de mayor ingreso, que caminan por una mejor infraestructura y con destinos más cercanos y diversos, pero que también usan mucho el automóvil. En ambos casos, se camina mucho y la infraestructura peatonal es deficiente, pero las condiciones son peores en las zonas más pobres, donde los peatones tienen menos espacio disponible (Guzman et al., 2021b).

Aunque no hay diferencias significativas en la duración de los desplazamientos a pie entre los diferentes grupos de ingreso (entre 20 y 25 minutos de media), sí hay diferencias importantes en el reparto modal de los desplazamientos a pie, como se observa en la Figura 1. Por ejemplo, la población con menores ingresos realiza un 62% más de viajes a pie al

día per cápita que la población de mayores ingresos. Además, la cantidad y la continuidad del espacio dedicado a los peatones en Bogotá no se distribuye uniformemente en la ciudad (Guzman et al., 2021b).

## **4. METODOLOGÍA PROPUESTA**

La metodología propuesta consta de cuatro partes. En primer lugar, se describe la selección de los factores subjetivos y los componentes objetivos para representar la caminabilidad. La segunda parte es la estimación del peso de los factores y componentes seleccionados. En tercer lugar, se presenta la recolección de la información, la corrección de la muestra y su expansión. Por último, se presenta la formulación y el análisis del índice de caminabilidad resultante.

### **4.1 Selección de factores y componentes de la caminabilidad**

La formulación propuesta del índice de caminabilidad (WI) incluye componentes observables del entorno construido y las percepciones de los peatones sobre cinco factores que influyen en la caminabilidad. El WI propuesto se compone de factores no observables (percepciones) y sus correspondientes componentes (atributos observables). Los factores no observables se agruparon en cinco categorías, tal como se sugiere en el modelo jerárquico de necesidades para caminar (Alfonzo, 2005; Arellana et al., 2020; Hasan et al., 2015). Estos factores no observables, también conocidos como variables latentes, representan conceptos teóricos para evaluar experiencias sociales específicas como emociones, actitudes o patrones de comportamiento que no son directamente medibles. La selección de los atributos observables que definen cada factor no observable fue el resultado de una revisión de la literatura, una encuesta piloto, la disponibilidad de información secundaria en diferentes escalas y la opinión de expertos. Por lo tanto, se propone un conjunto de componentes observables por cada factor no observable (columna sombreada) como aproximación a la estimación (Tabla 1).

**Tabla 1. Factores (no observables) y componentes (observables) seleccionados para la formulación del índice de caminabilidad**

Factores no observables	Componentes observables				
Robustez de la infraestructura peatonal	Presencia de andén	Ancho del andén	Calidad del pavimento del andén	Presencia de rampas (personas con discapacidad)	Obstáculos en el andén
Seguridad vial	Velocidad del tráfico motorizado	Flujo de tráfico motorizado	Presencia de dispositivos de control del tráfico	Registros de accidentes de tránsito	Tiempo de cruce de calle
Seguridad personal	Presencia de cámaras de seguridad	Presencia de estaciones de policía	Flujo peatonal	Registros de crímenes	Calidad del alumbrado
Acceso al destino	Densidad comercial	Densidad institucional	Densidad residencial	Acceso al transporte público	Densidad de parques o zonas verdes
Comodidad	Presencia de árboles	Calidad del entorno urbano	Nivel de congestión	Pendiente del andén	Longitud de la manzana

Los componentes observables seleccionados incluyen variables de mesoescala y microescala. Por ejemplo, sólo el factor *Acceso al destino* comprende características de mesoescala del entorno construido (densidad, diversidad y diseño) (Cervero y Kockelman, 1997). El resto de los factores, incluyen variables de microescala. Por lo tanto, cada segmento de calle de la red vial de Bogotá tiene diferentes atributos que describen estos componentes.

#### 4.2 Estimación del peso de los factores y componentes seleccionados

Se propone un modelo Logit Multinomial (MNL) para estimar el peso de los factores no observables y de los componentes observables descritos en la Tabla 1. La importancia relativa o el peso de cada factor y componente representa su influencia en el WI por segmento de calle. Este modelo estima la probabilidad de elegir un factor o componente no observable en función de la utilidad de ese elemento en relación con la utilidad de todos los demás elementos (factores o componentes). Esta probabilidad representa la importancia (es decir, el peso) de cada factor y componente, tal como se muestra en la ecuación (1).

$$P_{m,u} = \frac{\exp(V_{m,u})}{\sum_{m,u} \exp(V_{m,u})} \quad (1)$$

$$U_{m,u} = V_{m,u} + \varepsilon_{m,u} \quad (2)$$

Donde  $P_{m,u}$  representa la probabilidad de que un factor no observable o un componente observable  $m$  se clasifique como el más importante dentro del conjunto de opciones para un peatón  $u$ . En la Ecuación (2),  $U_{m,u}$  es la utilidad de un factor o componente  $m$  para un peatón  $u$ . Esta variable se divide en un término determinista y otro estocástico.  $V_{m,u}$  es el término determinista que representa el efecto observado del factor o componente  $m$  para un peatón  $u$ .  $\varepsilon_{m,u}$  es el término estocástico entre factores, componentes y peatones y se asume que presenta una distribución independiente e idénticamente distribuida (IID) conforme a una distribución de Gumbel.

Los pesos se obtienen a partir de una encuesta de percepción tipo ranking compuesta por tres secciones. En las dos primeras secciones, los peatones (usuarios) deben clasificar los factores no observables y los componentes observables relacionados con cada factor no observable según su experiencia al caminar (de más a menos importante). En la primera sección, los usuarios clasificaron los cinco factores no observables. Después, clasificaron los componentes observables dentro de cada factor no observable correspondiente. Por último, en la tercera sección, la encuesta preguntaba por las condiciones socioeconómicas. Esta información permitió estimar las ponderaciones de los factores y los componentes en función de las características individuales de los peatones.

### **4.3 Información recolectada**

Se recogieron 1,347 encuestas válidas en toda la ciudad. La recolección de datos se llevó a cabo a principios del 2020 (antes de la pandemia). Los encuestados abarcaban todos los estratos: el 43.9% estaba en zonas de estrato bajo (8.1% en ESE 1, 35.8% en ESE 2), el 46.2% estaba en zonas de estrato medio (33.1% en ESE 3, 13.1% en ESE 4) y el 10.0% vive en barrios de estrato alto (5.8% en ESE 5, 4.2% en ESE 6). En cuanto al sexo, el 53.1% de los encuestados eran hombres y el 46,9% mujeres. La muestra se ponderó utilizando la clasificación del *American National Election Study* (ANES) (DeBell y Krosnick, 2009), que incluye un método de clasificación posterior a la estratificación para que coincida con los puntos de referencia conocidos por la población. En este caso, los puntos de referencia son la población de Bogotá por sexo y el estrato. Esto permitió imitar el nivel socioeconómico y la distribución por sexo de la ciudad. Tras la ponderación, los datos se utilizaron para la

modelación. La segunda parte de la encuesta recogía información socioeconómica (es decir, edad, sexo, limitaciones físicas, estrato de la vivienda, ocupación, dirección, viajes a pie por semana y duración de los viajes a pie).

#### 4.4 Formulación del índice de caminabilidad

El índice de caminabilidad (WI) es una función aditiva ponderada que incorpora variables de meso y microescala (ver la Tabla 1). Este índice estima el nivel de caminabilidad por segmento de calle e incluye características socioeconómicas (perfil del peatón).

$$WI_{s,u} = \sum_{f \in N} W_{f,u} \times \sum_{c \in C} W_{f,c,u} \times C_{f,c,u,s} \quad (3)$$

Donde  $WI_{s,u}$  es el índice de caminabilidad del segmento de calle  $s$  para un tipo de peatón  $u$ .  $W_{f,u}$  es el peso del factor no observable  $f$  para el peatón  $u$ ; es decir, representa la percepción del componente no observable correspondiente por parte del peatón  $u$ .  $W_{f,c,u}$  es el peso del componente observable  $c$  asociado a los factores no observables  $f$  para el peatón  $u$ ; es decir, representa la percepción del componente  $c$  por el peatón  $u$ .  $C_{f,c,u,s}$  es el valor de la variable del componente observable  $c$  asociada a los factores no observables  $f$  para el segmento de calle  $s$  por el peatón  $u$ .  $N$  es el conjunto de factores estudiados no observables  $f$ .  $C$  es el conjunto de componentes observables asociados a los factores no observables indexados por  $c$ . Aquí se define un peatón promedio utilizando todos los datos de preferencias de la muestra. Los WI para los tipos de peatones  $u$  son por sexo, rango de edad o ESE. Éstos se calculan con todas las percepciones de la muestra, controlando los factores de ponderación según el sexo, el grupo de edad y el ESE al que pertenece cada individuo.

Para describir los atributos del entorno construido que influyen en la caminabilidad, se proponen variables de medición ( $C_{f,c,u,s}$ ) para cada componente observable, cuyos valores van de 0 a 1, donde un valor más cercano a 1 es mejor en cuanto a la caminabilidad. En la Tabla 2 se muestran las variables utilizadas para describir cada componente observable y factor no observable (columna sombreada), la fuente de información, el periodo y la escala

de medición, es decir, si hay información a nivel de segmento de calle (microescala) o de zona (mesoescala)<sup>2</sup>.

**Tabla 2. Factores no observables, componentes observables y rangos de los valores para cada variable seleccionada**

Factor no observable	Componente observable	Medición	Variable	Rango de valores	Escala: espacial / temporal (fuente)*
Robustez de la infraestructura peatonal	Presencia de andén	Presencia de segmentos de andén en la red vial de la ciudad	Ancho $\geq$ 2.0 m	1	Segmento / Datos de 2019 (1)
			Ancho < 2.0 m	0	
	Ancho del andén	Evaluación del ancho del andén (en metros)	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Segmento / Datos de 2019 (1)
	Calidad del pavimento del andén	Presencia de grietas y/o huecos	Andén apto para caminar o trotar	1	Segmento / Datos de 2019 (2)
			Andén utilizable, pero con precaución	0.6	
			Andén en mal estado	0.3	
Presencia de rampas (personas con discapacidad)	Presencia de rampas o infraestructuras especiales para las personas vulnerables	Sí No	1 0	Segmento / Datos de 2019 (3)	
Obstáculos en el andén	Evaluación del ancho restante del andén (en metros) debido a la presencia de carriles para bicicletas	Ancho restante $\geq$ 2.0 m	1	Segmento / Datos de 2019 (1 y 4)	
		Ancho restante < 2.0 m	0		
Seguridad vial	Velocidad del tráfico motorizado	Velocidad media del tráfico (en km/h)	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Segmento / Datos diarios medios de 2019 (API de Google y Medaglia et al. (2020))
	Flujo de tráfico motorizado	Flujo vehicular (veh/h)	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Segmento / Datos diarios medios de 2019 (Medaglia et al. (2020))
	Presencia de dispositivos de control del tráfico	¿Hay dispositivos de control de tráfico en el segmento?	Sí	1	Segmento / Datos de 2019 (4)
			No	0	
	Registros de siniestros de tránsito	¿Hay siniestros de tráfico en el segmento?	Sí	1	Segmento / Datos de 2019 (4)
			No	0	
Tiempo de cruce de calle	Tiempo de recorrido a pie de andén a andén (en segundos)	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Segmento / Datos diarios de 2019 (API de Google)	
Seguridad personal	Presencia de cámaras de seguridad	¿Hay cámaras de seguridad en el segmento?	Sí	1	Segmento / Datos de 2019 (5)
			No	0	
			Sí	1	

<sup>2</sup> En este estudio, debido a la disponibilidad de datos, se utilizaron dos tipos de agregación zonal: Zonas de Análisis de Transporte (ZAT) y Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ), que son 922 y 112 en Bogotá, respectivamente.



	Presencia de estaciones de policía	¿Hay estaciones de policía en el segmento?	No	0	Buffer de 500 m / Datos de 2019 (5)
	Flujo peatonal	Número de peatones (reparto modal)	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Zona de análisis del transporte / Datos de 2019 (4)
	Registros de crímenes	Presencia de robos, crímenes y/u homicidios	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Unidad de Planeamiento Zonal / Datos de 2019 (5)
	Calidad del alumbrado	Presencia de alumbrado nocturno	Zona cubierta con excelente alumbrado	1	
El alumbrado actual es suficiente para ver con claridad			0.6	Segmento / Datos de 2019 (2)	
Presencia de alumbrado, pero con deficiencias			0.3		
		No hay alumbrado público	0		
Acceso al destino	Densidad comercial	La densidad de establecimientos comerciales	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Zona de análisis del transporte / Datos de 2019 (7)
	Densidad institucional	La densidad de establecimientos institucionales	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Zona de análisis del transporte / Datos de 2016 (8)
	Densidad residencial	Densidad poblacional	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Zona de análisis del transporte / Datos de 2016 (8)
	Acceso al transporte público	¿Hay transporte público (paradas, estaciones) en el segmento?	Sí	1	Segmento / Datos de 2019 (4)
			No	0	
Densidad de parques o zonas verdes	La densidad de parques y zonas verdes	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Zona de análisis del transporte / Datos de 2016 (8)	
Comodidad	Presencia de árboles	Presencia de árboles	Sí	1	Segmento / Datos de 2019 (9)
			No	0	
	Calidad del entorno urbano	Evaluación basada en el estrato predominante	ESE alto	1	Zona de análisis del transporte / Datos de 2019 (4 y 6)
			ESE medio	0.5	
			ESE bajo	0	
	Nivel de congestión	Nivel de congestión por segmento	Relativo al valor de la ciudad	-	Segmento / Datos medios diarios de 2019 (Medaglia et al. (2020))
Pendiente del andén	Pendiente del segmento	Pendiente < 2%	1	Segmento / Datos de 2019 (3 y 8)	
		Pendiente entre 2% - 3%	0.5		
		Pendiente > 3%	0		
Longitud de la cuadra	Longitud promedio de la cuadra	Valor Z (basado en los datos de la ciudad)	-	Segmento / Datos de 2019 (API de Google y 8)	

\* Fuentes: (1) Oficina local geoespacial IDECA; (2) Secretaría de la Mujer de Bogotá; (3) Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá; (4) Oficina de Movilidad de Bogotá; (5) Secretaría de Seguridad, Convivencia y Justicia de Bogotá; (6) Alcaldía Mayor de Bogotá; (7) Cámara de Comercio de Bogotá; (8) Oficina de Planeación Urbana de Bogotá; (9) Jardín Botánico de Bogotá.

A continuación, se presenta una breve descripción de los componentes observables utilizados, comenzando por las variables que describen la *Robustez de la infraestructura peatonal*, según la Tabla 2:

- Presencia de andén: Esta variable indica la presencia de andenes a lo largo del segmento de calle en el 2019. Es una variable categórica según el ancho del andén ( $\geq 2.0$  m y  $< 2.0$  m).
- Ancho del andén: Variable continua que representa el ancho del andén por segmento de calle, medido como la distancia desde un borde de la calzada hasta el muro.
- Calidad del pavimento del andén: Variable discreta que representa la evaluación de la calidad del andén a partir de la presencia de grietas y/o huecos (información por segmento vial según el estudio del “Índice de Seguridad Nocturna” de la Secretaría de la Mujer de Bogotá en 2019<sup>3</sup>).
- Presencia de rampas: Variable binaria que indica la presencia de rampas o infraestructura especial para personas vulnerables.
- Obstáculos en el andén: Variable continua que representa el ancho restante del andén (en metros) debido a la presencia de carriles para bicicletas en 2019.
- Velocidad del tráfico: Esta variable continua se estimó dividiendo la longitud de cada segmento de calle por su tiempo de viaje promedio. Se usó la API de Google para recuperar los tiempos de viaje promedio de cada segmento de calle en Bogotá en un día laboral típico de 2019.
- Flujo de tráfico: Esta variable continua representa el número de vehículos que circulan por un segmento de calle por unidad de tiempo en un día laboral típico de 2019. Estos datos se obtuvieron de Medaglia et al. (2020).
- Presencia de dispositivos de control de tráfico: Variable binaria que indica la presencia de semáforos por segmento de calle en 2019.
- Registros de siniestros de tránsito: Siniestros de tránsito en los que se ha visto involucrado al menos un peatón según datos de 2019. Es una variable categórica que indica si hay un siniestro con un peatón (o no).

---

<sup>3</sup> <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/indice-de-condiciones-de-seguridad-nocturna-bogota-d-c>



- Tiempo de cruce de calle: Variable continua que indica el tiempo promedio de cruce de calles en 2019 (en segundos) por segmento.
- Cámaras de seguridad: Variable binaria que indica si hay cámaras de seguridad en el segmento de calle en 2019.
- Estaciones de policía: Variable binaria que indica si existen estaciones de policía alrededor del segmento de calle (buffer de 500 m) en 2019.
- Flujo peatonal: Variable continua que indica el reparto modal peatonal por zonas (ZAT) para un día laboral típico en 2019.
- Registros de crímenes: Variable continua que cuantifica los homicidios, lesiones, robos, crímenes y casos de violencia a nivel zonal (UPZ) en 2019.
- Calidad del alumbrado: Variable discreta que representa el rango de la calidad del alumbrado por segmento de calle (calificación cualitativa obtenida del estudio del “Índice de Seguridad Nocturna”).
- Densidad comercial: Variable continua que representa el número de comercios por hectárea y zona registrados en 2019 en la Cámara de Comercio de Bogotá.
- Densidad institucional: Variable continua que representa el número de establecimientos institucionales por hectárea y zona en 2016.
- Densidad residencial: Variable continua que representa el número de habitantes por hectárea y zona en 2016.
- Acceso al transporte público: Variable binaria que indica si existen paradas/estaciones de transporte público en el segmento de calle en 2019.
- Densidad de parques o zonas verdes: Variable continua que representa la cantidad de área verde (en metros cuadrados) por hectárea y zona en 2016.
- Presencia de árboles: Variable binaria que indica si hay árboles en el segmento de calle en 2019.
- Calidad del entorno urbano: Variable discreta que representa una evaluación de la calidad urbana basada en el estrato predominante por zona en 2019.
- Nivel de congestión: Variable continua entre 0 y 1, que representa la demora promedio que experimenta un vehículo a lo largo del segmento de la vía, en comparación con el tiempo el tiempo a flujo libre (Medaglia et al., 2020).
- Pendiente del andén: Variable discreta que representa el rango de la pendiente del segmento de calle en 2019.

- Longitud de la manzana: Variable continua que representa la longitud promedio de la manzana en 2019.

Usando la Ecuación (3) en toda la red vial de Bogotá, donde cada arco contiene los atributos de los diferentes componentes observables evaluados, es decir, cada segmento tendrá andenes con atributos particulares. Por lo tanto, el WI estimado es calculado para toda la ciudad, resultando en un mapa de caminabilidad utilizando las variables de medición ( $C_{f,c,u,s}$ ) y los pesos ( $W_{f,u}$  and  $W_{f,c,u}$ ) obtenidos de los modelos MNL. Los valores de las ponderaciones se pueden obtener por tipo de peatón  $u$ , lo que permite estimar mapas de caminabilidad para diferentes grupos de edad, niveles socioeconómicos o sexo para entender cómo se percibe el entorno construido los diferentes peatones.

Se estimaron seis modelos MNL utilizando esta metodología: uno para los factores no observables y cinco modelos que consideran componentes observables dentro de cada factor no observable (ver la Tabla 1). Todos los modelos incluyen características socioeconómicas en sus especificaciones para comprobar las diferencias en las percepciones de los atributos del entorno construido entre los diferentes tipos de peatones. Teniendo en cuenta el índice de caminabilidad, se aplicó el índice de Moran para estimar el grado en el que la calidad de la infraestructura peatonal está distribuida de dentro de la ciudad. Este indicador es una medida de autocorrelación espacial, que cuantifica la asociación espacial entre los valores del índice de caminabilidad en ubicaciones vecinas, en este caso, a nivel de manzana.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de ajustar la encuesta para que corresponda con la distribución de rangos de edad y estratos de la ciudad, se estimaron los seis modelos MNL. La Tabla 3 muestra el modelo MNL estimado para los cinco factores no observables. Los resultados de la estimación de los cinco modelos restantes (es decir, los componentes observables de cada factor no observable) se pueden consultar acá: <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S1361920922002887-mmc1.docx>.

Tabla 3. Estimaciones del MNL para los factores no observables

Factor no observable	Estimación	StDv	t-statistic
Robustez de la infraestructura peatonal	0.0000	-	-
Seguridad personal	-0.0480	0.0778	-0.5339
Seguridad vial	0.0733	0.1930	0.4168
Acceso al destino	-0.6980***	0.0643	-10.5916***
Comodidad	-0.6660	0.0666	-9.3456***
<b>Interacciones</b>			
Edad_rango_30-59:Seguridad personal	-0.4212	0.1557	-2.3888**
Edad_rango_46-59:Seguridad vial	-0.4329	0.1564	-2.6225***
ESE-Medio:Seguridad personal	0.2654	0.0819	2.5925***
ESE-Medio:Seguridad vial	0.2496	0.0775	3.1194***
ESE-Alto:Seguridad personal	0.6092	0.1885	3.3740***
Viajes/semana_1-14:Seguridad vial	-0.4375	0.1911	-2.6059***
Viajes/semana_15-28:Infraestructura	-0.3018	0.0912	-3.3047***
Viajes/semana_15-28:Seguridad vial	-0.6698	0.1993	-3.8282***
Viajes/semana_15-28:Comodidad	-0.2198	0.0908	-2.4163**
Viajes/semana_>28: Infraestructura	-0.4456	0.1171	-3.6078***
Viajes/semana_>28:Seguridad vial	-0.6971	0.2110	-3.7792***
Viaje_duración_15-30min:Infraestructura	-0.1919	0.0812	-2.2770**
Viaje_duración_15-30min:Seguridad personal	-0.2596	0.0832	-2.6079***

\*\*\*99%, \*\*95%, \*90%

: indica una interacción o un efecto combinado entre las variables correspondientes.

Las interacciones de la Tabla 3 deben compararse con una categoría base, que en este caso son las personas de entre 18 y 29 años (Edad\_rango\_18-29), el estrato socioeconómico bajo (ESE-Bajo), las personas que no caminan (Viajes/semana\_0) y la duración de los viajes de menos de 15 minutos (Viaje\_duración<15min). Si un coeficiente de interacción es significativo y tiene un signo positivo, un grupo específico da más importancia a ese factor no observable que la categoría base. Por el contrario, si es negativo, el grupo específico percibe el factor no observable como menos importante que la categoría base.

Por lo tanto, al comparar los valores y los signos de los coeficientes obtenidos en la Tabla 3, es preciso resaltar lo indicado a continuación:

- No se hallaron diferencias significativas en el WI entre hombres y mujeres.
- La *Comodidad* y el *Acceso al destino* son los factores no observables peor percibidos. No encontramos diferencias significativas entre las percepciones de la *Robustez de la infraestructura peatonal*, *Seguridad personal* y *Seguridad vial* al caminar.

- A medida que el estrato es mayor, los peatones dan más importancia a la seguridad personal. Teniendo en cuenta los niveles del ESE, los peatones de estrato medio son los que más valoran su seguridad vial.
- Cuantos más desplazamientos a pie se realizan a la semana, menos importancia se da a la seguridad vial y a las condiciones de las infraestructuras peatonales. Las personas que más caminan consideran menos importantes la infraestructura y la seguridad vial que las que no caminan con frecuencia. En concordancia con Arellana et al. (2021), una posible explicación de este hecho es que las personas que más caminan son las que lo hacen por necesidad (es decir, no tienen la opción de elegir otro modo de transporte) y caminan en las peores condiciones de infraestructura y seguridad.
- Las personas cuyos viajes a pie duran entre 15 y 30 minutos consideran que los factores de *Robustez de la infraestructura peatonal* y de *Seguridad personal* son menos importantes que aquellos cuyos viajes son más cortos.

### **5.1 Los factores y componentes más importantes de la caminabilidad**

Utilizando las estimaciones de todos los modelos MNL, se calcularon las ponderaciones (es decir, las probabilidades de elección) de cada factor y componente para el peatón  $u$ . Las Tablas 4 y 5 resumen la ponderación de los factores no observables y de los componentes observables seleccionados, obtenida a partir de la encuesta de percepción tipo ranking por ESE y por rango de edad. Como se ha descrito anteriormente, en la primera sección de la encuesta, los encuestados clasificaron (de más importante a menos importante) los cinco factores no observables (Tabla 4). En la segunda sección, los encuestados clasificaron 25 componentes observables asociados a cada uno de los cinco componentes no observables (Tabla 5). Los pesos estimados de los factores no observables indican que el factor más importante en casi todos los casos es la seguridad personal. Este resultado no es sorprendente, teniendo en cuenta que la violencia urbana ha sido identificada como el factor más crítico en otros casos de estudio en Colombia (Arellana et al., 2020) y otras ciudades latinoamericanas (Larrañaga et al., 2016).

**Tabla 4. Pesos estimados de los factores no observables por edad y ESE**

Factor no observable	Peatón promedio	$W_{i,u}$					
		Rango de edad			ESE		
		18-29	30-59	≥ 60	Bajo	Medio	Alto
Robustez de la infraestructura peatonal	0.232	0.227	0.232	0.269	0.248	0.218	0.204
Seguridad vial	0.200	0.202	0.204	0.161	0.190	0.216	0.160
Seguridad personal	0.285	0.291	0.287	0.226	0.261	0.299	0.396
Acceso al destino	0.144	0.143	0.140	0.175	0.153	0.136	0.122
Comodidad	0.139	0.137	0.137	0.168	0.148	0.131	0.118

El segundo factor más importante en la percepción de la caminabilidad es la *Robustez de la infraestructura peatonal*. La importancia de este factor resalta la necesidad de disponer de un espacio adecuado para caminar, que garantice unas condiciones mínimas de calidad como un ancho suficiente ( $\geq 2$  m), un buen estado del pavimento, la ausencia de obstáculos y la presencia de infraestructura inclusiva. Esto es crucial para una ciudad como Bogotá, donde muchos desplazamientos se realizan a pie. La seguridad vial, el acceso al destino y la comodidad importan menos para las personas a la hora de caminar, excepto para las personas mayores ( $\geq 60$  años). Este es un ejemplo de cómo las preferencias no son las mismas para todas las personas.

En el caso de los pesos de los componentes observables de cada factor (Tabla 5), los resultados muestran qué componentes específicos son los más valorados por los ciudadanos. Por ejemplo, la percepción de seguridad personal viene definida por los elementos o lugares que dan sensación de seguridad, como una buena iluminación, la presencia de estaciones de policía y la existencia de cámaras de seguridad. Adicionalmente, un alto flujo de peatones se asocia a una mejor percepción de seguridad. En cuanto a la robustez de la infraestructura peatonal, la presencia de rampas y otros elementos que proporcionan un mejor acceso, más una infraestructura inclusiva, es el componente más importante. Este componente, junto con la calidad del pavimento, son los elementos más importantes para los peatones, especialmente para los mayores de 60 años.

Lo anterior demuestra que los ciudadanos creen que pueden sentirse más cómodos con una infraestructura peatonal inclusiva y quizás también sientan la necesidad de una mejor infraestructura para los ancianos, los niños y las personas con alguna limitación física. En cuanto a la seguridad vial, la existencia de semáforos es el componente más importante.

Esto coincide con la preocupación por la alta velocidad del tráfico motorizado. Lamentablemente, esto podría indicar que la gente no se siente segura en calles con altas velocidades si no hay dispositivos que regulen el tráfico motorizado. Por último, la densidad comercial, el acceso al transporte público, la presencia de árboles y el nivel de congestión son los componentes que más importan en cuanto a los factores de acceso al destino y comodidad. La presencia de árboles en los espacios públicos peatonales es el componente de comodidad que fomenta en mayor medida la caminabilidad.

**Tabla 5. Pesos estimados de los factores no observables y los componentes observables por edad y ESE**

Factor no observable	Componente observable	Peatón promedio	$W_{f,c,u}$					
			Rango de edad			ESE		
			18-29	30-59	≥ 60	Low	Medium	High
Robustez de la infraestructura peatonal	Presencia de andén	0.168	0.181	0.150	0.173	0.160	0.170	0.227
	Ancho del andén	0.164	0.163	0.164	0.170	0.161	0.167	0.160
	Calidad del pavimento del andén	0.243	0.239	0.249	0.240	0.238	0.255	0.194
	Presencia de rampas	0.253	0.248	0.260	0.251	0.278	0.234	0.184
	Obstáculos en el andén	0.172	0.169	0.178	0.166	0.164	0.175	0.234
Seguridad vial	Velocidad del tráfico motorizado	0.235	0.225	0.245	0.242	0.255	0.212	0.239
	Flujo de tráfico motorizado	0.147	0.150	0.141	0.165	0.161	0.133	0.146
	Presencia de dispositivos de control del tráfico	0.418	0.423	0.426	0.328	0.367	0.474	0.414
	Registros de siniestros de tránsito	0.079	0.078	0.074	0.121	0.086	0.071	0.078
	Tiempo de cruce de calle	0.121	0.124	0.113	0.144	0.130	0.110	0.123
Seguridad personal	Presencia de cámaras de seguridad	0.217	0.207	0.228	0.225	0.250	0.181	0.213
	Presencia de estaciones de policía	0.233	0.231	0.242	0.186	0.253	0.210	0.243
	Flujo peatonal	0.200	0.218	0.184	0.163	0.178	0.219	0.242
	Registros de crímenes	0.106	0.104	0.105	0.130	0.095	0.119	0.093
	Calidad del alumbrado	0.244	0.240	0.241	0.297	0.223	0.272	0.209
Acceso al destino	Densidad comercial	0.255	0.256	0.255	0.245	0.252	0.259	0.252
	Densidad institucional	0.183	0.184	0.183	0.176	0.180	0.186	0.181
	Densidad residencial	0.164	0.158	0.165	0.205	0.177	0.150	0.168
	Acceso al transporte público	0.222	0.225	0.221	0.205	0.217	0.227	0.224
	Densidad de parques o zonas verdes	0.176	0.177	0.176	0.169	0.174	0.179	0.174
Comodidad	Presencia de árboles	0.344	0.343	0.346	0.336	0.319	0.365	0.391
	Calidad del entorno urbano	0.172	0.173	0.172	0.163	0.163	0.180	0.192
	Nivel de congestión	0.282	0.283	0.280	0.285	0.284	0.281	0.269
	Pendiente del andén	0.116	0.115	0.116	0.128	0.135	0.100	0.085
	Longitud de la manzana	0.086	0.086	0.087	0.088	0.100	0.074	0.064

La Figura 2 resume la importancia obtenida para todos los componentes de WI considerando un peatón promedio. Las ponderaciones para los diferentes tipos de peatones  $u$  (por rango de edad o ESE), reportadas en la Tabla 4 deben ser ponderadas por las de la Tabla 5 ( $W_{f,u}$  y  $W_{f,c,u}$ , respectivamente).

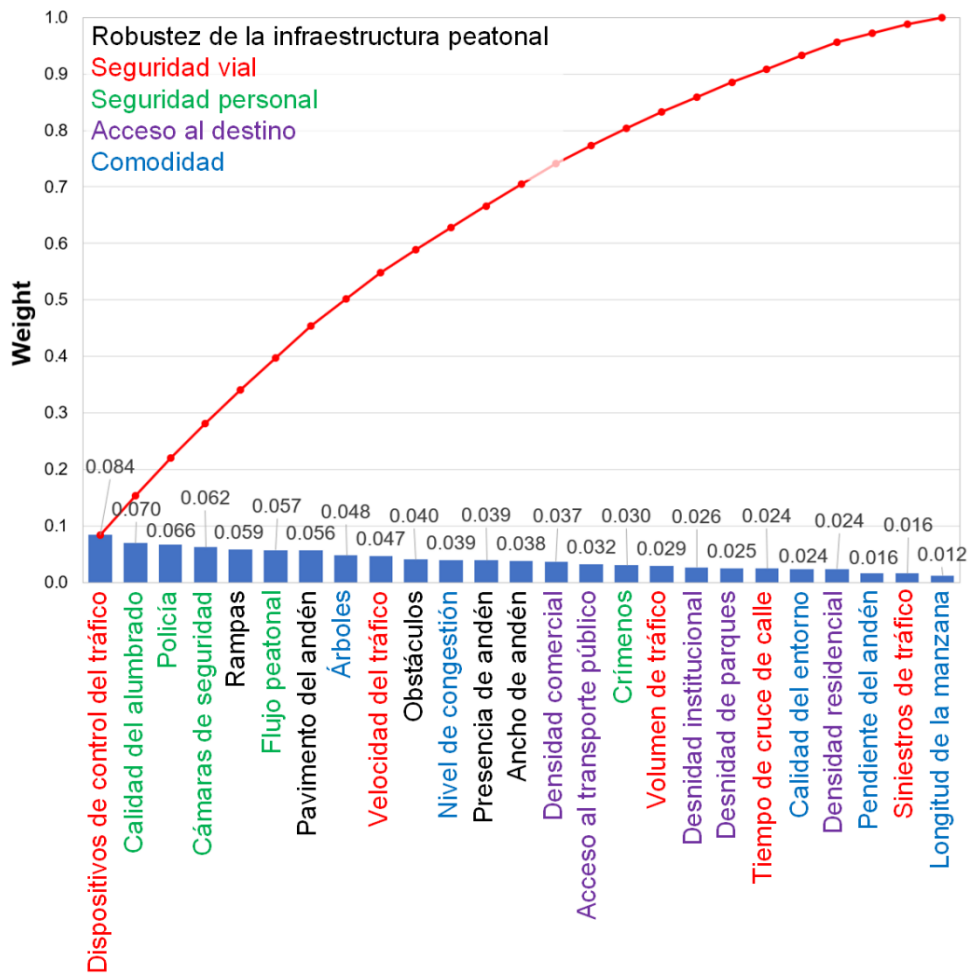


Figura 2. Importancia de los componentes en el WI para un peatón promedio

Estos resultados sugieren que la *Seguridad vial* y la *Seguridad personal* son los factores no observados más apreciados, ya que estos dos factores explican aproximadamente el 49% de la caminabilidad en Bogotá. Otro factor importante es la *Robustez de la infraestructura peatonal*, cuyos componentes de microescala del entorno construido explican el 23% de la caminabilidad. En cuanto a otros componentes de microescala importantes, está la presencia de dispositivos de control del tráfico (8.4%), la calidad del alumbrado (7.0%) y la

presencia de estaciones de policía (6.6%). Estos resultados refuerzan que la percepción de seguridad (tanto vial como personal) es el factor más apreciado por los peatones.

Un trabajo previo en Barranquilla, encontró resultados similares (Arellana et al., 2020). Los tres componentes de caminabilidad más importantes en Barranquilla y Bogotá estaban relacionados con la seguridad (es decir, la iluminación, la policía y las cámaras de seguridad). Sin embargo, los peatones de Barranquilla valoraron estos tres factores entre 1.5 y 3.1 veces más que los de Bogotá. Otro elemento común entre estas ciudades es la gran importancia de los componentes de microescala del entorno construido inmediato: la calidad del andén, la presencia de más peatones y árboles y la ausencia de obstáculos. A pesar de estas similitudes, los resultados ponen de manifiesto la variabilidad de la importancia de cada componente del WI entre las ciudades (independientemente de que se encuentren en el mismo país). Por lo tanto, no es aconsejable transferir las ponderaciones de los componentes del WI geográficamente.

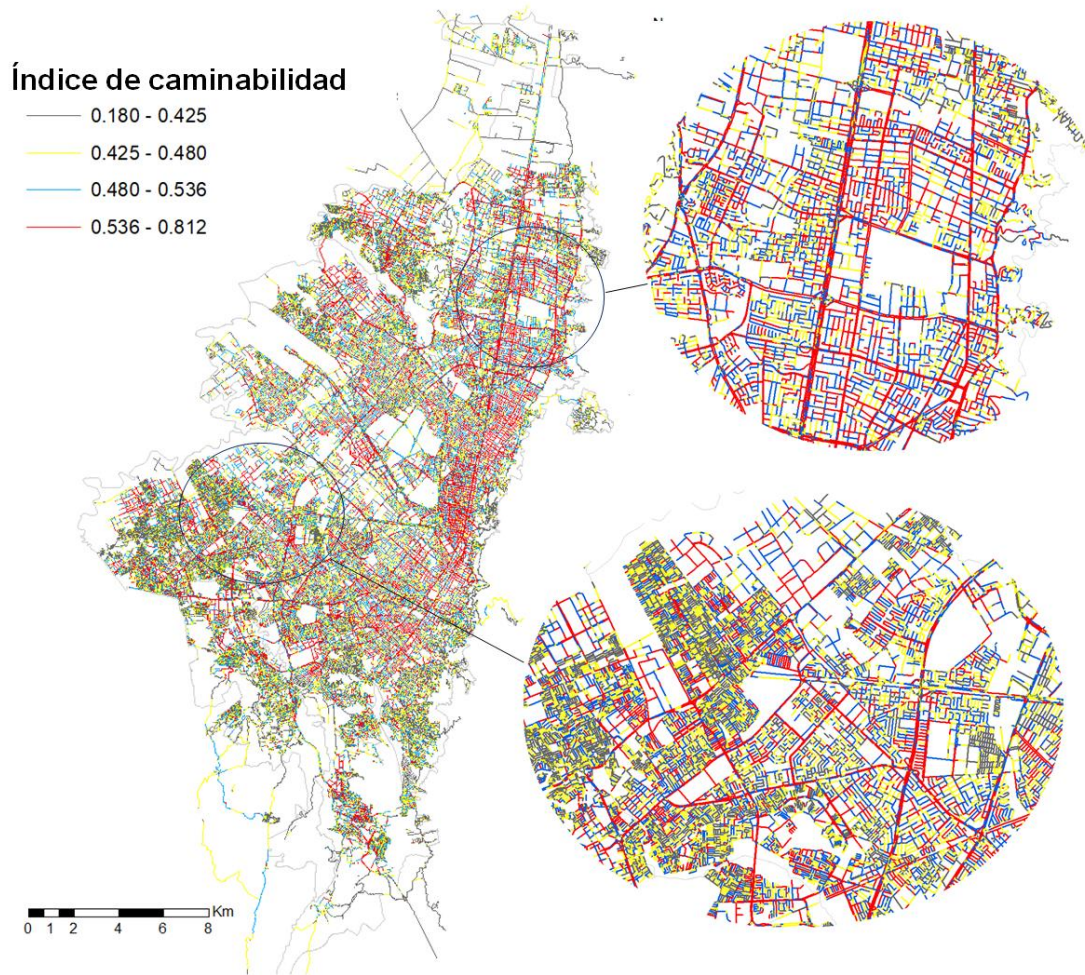
Por último, nuestro análisis identificó efectos significativos de la combinación de variables de meso y microescala para las decisiones de caminar. Estos resultados evidencian que la no inclusión de variables de microescala del entorno construido podría llevar a sobreestimar la caminabilidad en ciudades o barrios donde estos factores subjetivos son relevantes para la satisfacción de los peatones.

## **5.2 Representación espacial del índice de caminabilidad**

Al asociar el peso de cada uno de los componentes en la Figura 2 de cada segmento vial en la ciudad con los factores no observables, es posible estimar el índice de caminabilidad para toda la infraestructura peatonal de Bogotá. La caminabilidad de la red vial de la ciudad fue estimada utilizando el índice de caminabilidad propuesto a partir de la Ecuación (3). Este caso de estudio consideró 167,500 segmentos viales en toda la ciudad. Cada segmento tenía información sobre los 25 componentes evaluados. La Figura 3 presenta el WI de cada segmento de calle evaluado para un peatón promedio. Aunque el WI resultante no permite concluir mucho a esta escala, ofrece a los gobiernos locales una herramienta detallada para evaluar la caminabilidad de cada segmento de calle en la ciudad y proporciona una clasificación de WI sensible y adaptable al contexto, basada en una metodología basada en datos. Además, hemos construido una página web de visualización interactiva donde se puede consultar el índice de caminabilidad por tipo de peatón y por



segmento vial. Esta página web está alojada en GitHub Pages y utiliza servicios de mapas web proporcionados por Mapbox. Puede visitar la página en este enlace: <https://luisangelguzmang.github.io/walkability>.



**Figura 3. Índice de caminabilidad por tramo vial en Bogotá**

Se ha visto que la caminabilidad es un buen proxy de la calidad de la infraestructura peatonal. Pero, ¿cómo está distribuida esta calidad en la ciudad? Para ver esto, se hizo un análisis del WI por localidad (ver la Figura 5 y la Tabla 6) para profundizar en los resultados y dar más contexto a nuestro estudio de caso. Las localidades son una división espacial desde una perspectiva geográfica, social y económica de la división político-administrativa de la ciudad. Las localidades predominantemente de bajos ingresos se encuentran en el suroeste y el sur de la ciudad. Allí, los ingresos de la mayoría de los hogares son inferiores

a 660 USD/mes. Las zonas más ricas están en el norte: en las localidades de ingresos altos, la renta media supera los 1,000 USD/mes (ver la Figura 1).

Se clasificaron los resultados de WI en cuartiles para ver si la infraestructura peatonal de alta calidad (valores de WI más altos) se distribuye por igual en las localidades. El primer cuartil ( $WI \leq 0.425$ ) indica segmentos viales de mala calidad, debido principalmente a la falta de elementos que mejoren la percepción de seguridad (por ejemplo, dispositivos de control del tráfico, iluminación, estaciones de policía o cámaras de seguridad). Además, la infraestructura es de baja calidad. En general, los valores más bajos de caminabilidad se encuentran en las vías de alto tráfico, donde no hay andenes en algunos segmentos y en los segmentos en donde hay, está en mal estado, con una alta presencia de huecos y grietas, pavimento en mal estado y no tiene continuidad.

Los segmentos mejor percibidos para caminar (el cuartil más alto) se encuentran principalmente a lo largo de vías principales y en las localidades del norte de la ciudad, Chapinero y Usaquén, donde hay muchas oficinas, actividades comerciales y hogares adinerados. Cabe destacar que sólo el 0.44% de los segmentos viales (731 segmentos) tienen un valor de WI superior a 0.7, lo que significa que los andenes de estos segmentos son percibidos como los mejores y tienen las mejores características del entorno construido. Como se ha visto, este tipo de andenes son escasos en la ciudad. Sin embargo, estos segmentos están lejos de un WI bueno o muy bueno (cercano a 1.0). El mapa de caminabilidad (Figura 3) también revela que el 60% de los andenes no se perciben como lugares apropiados para caminar (WI por debajo del promedio). Estos resultados se atribuyen principalmente a la inadecuada dotación de infraestructura peatonal y a la baja percepción de la seguridad vial y de la seguridad personal.

Investigaciones anteriores han demostrado que en las localidades de bajos ingresos se dedica mucho más espacio en las calles al tráfico motorizado y menos a los peatones (Guzman et al., 2021b). Esto implica que en estas localidades hay una menor robustez de la infraestructura peatonal. Pero, ¿cuál es la diferencia de esa distribución en términos de calidad? Analizando la distribución espacial de la calidad (WI) de la infraestructura peatonal, encontramos indicios de que las localidades de menores ingresos de la ciudad son las que tienen peor infraestructura peatonal, aunque son las zonas donde se producen más viajes a pie. Esto parece confirmarse mediante un análisis de autocorrelación espacial.

El valor global del índice de Moran es de 0.67, lo que indica que las mejores/peores zonas de caminabilidad están muy agrupadas. Esto significa que los valores de caminabilidad se agrupan, como se muestra en la Figura 4. Si la zona que rodea a una manzana tiene un alto valor de caminabilidad, es probable que las manzanas vecinas también lo tengan. Por otro lado, las manzanas menos caminables también tienen una alta probabilidad de estar rodeadas por manzanas con bajos índices de caminabilidad. Casualmente, las zonas con mejor caminabilidad están situadas en el borde oriental de la ciudad, alrededor de los corredores de transporte público masivo y donde se encuentran las zonas residenciales más adineradas. La puntuación  $z=165.37$  indica que hay menos de un 0.1% de probabilidades de que esta correlación sea resultado de un patrón aleatorio.

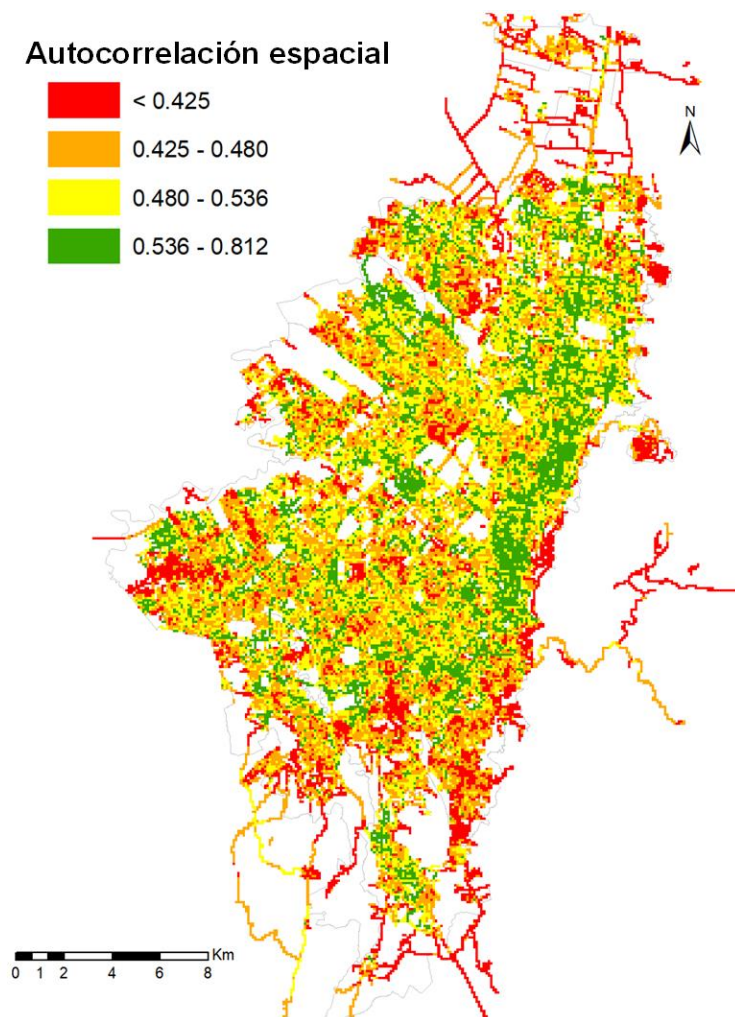


Figura 4. Correlación espacial de WI a nivel de manzana

Para confirmar esta distribución inequitativa, se calcularon los valores ponderados de WI para los deciles de ingresos de 0 a 4 y de 9 a 10 por zona (el 40% más pobre de la población y el 10% más rico, respectivamente) para explorar una medida reciente de la desigualdad: el índice Palma (Palma y Stiglitz, 2016). Este indicador se adaptó para medir la distribución de WI en toda la ciudad con el fin de tener una visión más clara que refleje los efectos en la distribución de la calidad de la infraestructura peatonal en la parte inferior y superior de la distribución del ingreso. Los resultados muestran que el 10% de la población más rica de Bogotá disfruta, en promedio, de una infraestructura peatonal 1.11 veces mejor que el 40% más pobre. Es decir, el promedio de WI en las zonas donde vive el 10% más rico es 11% mejor que en las zonas donde vive el 40% más pobre. La Tabla 6 muestra el índice de caminabilidad promedio obtenido por localidad. Estos valores resultan de aplicar un promedio ponderado del WI de cada segmento vial y su correspondiente longitud.

**Tabla 6. Promedio ponderado de WI por distrito según edad y ESE**

Localidad	Grupo de ingreso*	Peatón promedio	Rango de edad			ESE		
			18-29	30-59	≥ 60	Bajo	Medio	Alto
Teusaquillo	A	0.523	0.521	0.521	0.549	0.530	0.517	0.502
Chapinero	A	0.513	0.511	0.511	0.534	0.519	0.507	0.491
Usaquén	A	0.507	0.505	0.504	0.536	0.513	0.502	0.483
Suba	A	0.483	0.482	0.481	0.507	0.488	0.479	0.464
Antonio Nariño	M	0.523	0.522	0.521	0.538	0.529	0.516	0.512
Barrios Unidos	M	0.505	0.504	0.502	0.527	0.511	0.499	0.488
Candelaria	M	0.495	0.494	0.495	0.498	0.500	0.488	0.494
Fontibón	M	0.493	0.491	0.490	0.518	0.500	0.487	0.470
Engativá	M	0.492	0.491	0.489	0.513	0.498	0.487	0.476
Los Mártires	B	0.519	0.518	0.517	0.535	0.525	0.513	0.504
Santa Fe	B	0.490	0.490	0.489	0.496	0.495	0.484	0.488
Puente Aranda	B	0.489	0.488	0.486	0.510	0.495	0.484	0.473
Kennedy	B	0.486	0.486	0.484	0.504	0.492	0.481	0.473
Tunjuelito	B	0.486	0.485	0.484	0.500	0.491	0.481	0.477
Usme	B	0.474	0.474	0.472	0.486	0.476	0.472	0.469
Rafael Uribe Uribe	B	0.472	0.471	0.470	0.481	0.476	0.466	0.467
Bosa	B	0.471	0.470	0.470	0.481	0.477	0.464	0.463
Ciudad Bolívar	B	0.466	0.466	0.465	0.475	0.469	0.463	0.463
San Cristóbal	B	0.454	0.454	0.453	0.463	0.458	0.449	0.448
<b>Promedio de la ciudad</b>		<b>0.488</b>	<b>0.487</b>	<b>0.486</b>	<b>0.507</b>	<b>0.494</b>	<b>0.483</b>	<b>0.474</b>

\* Grupo de ingreso predominante (A) = ingreso alto (ESE 5-6), M = ingreso medio (ESE 3-4), B = ingreso bajo (ESE 1-2).

Nótese que se estimaron diferentes WI según el tipo de peatón. Como se muestra en la Tabla 6, el promedio del WI varía en toda la ciudad y entre las localidades. Los individuos con mayores ingresos parecen valorar mejor la infraestructura peatonal de su entorno que los menos pudientes. Esto se debe principalmente a la percepción de la seguridad personal, la iluminación, el flujo peatonal y la presencia de dispositivos de control del tráfico. Cuanto más alto es el ESE, más se valora la seguridad personal.

En la mayoría de los casos, cuanto mayor es el WI, mayor es la edad del peatón. Esto se debe a que los componentes y factores de los segmentos viales de la ciudad son percibidos como peores por los más jóvenes (entre 18 y 59 años). Las personas de mayor edad valoraron mejor la robustez de la infraestructura peatonal de la ciudad en comparación con los más jóvenes (Tabla 4). El WI para el peatón promedio en las localidades de mayor ingreso es mejor que el reportado para las de menores ingresos. Existen injusticias en torno a la calidad del espacio peatonal en una ciudad como Bogotá, mostrando evidencias de una peor calidad de la infraestructura peatonal en las localidades más pobres de la ciudad, donde hay muchos más viajes a pie cada día.

En resumen, la Figura 5 ofrece algunos ejemplos de WI en diferentes puntos de la ciudad. Los valores más altos del WI corresponden a andenes situados cerca de corredores viales principales, donde predominan los usos comerciales y residenciales de alto ingreso. Estos segmentos de calle cuentan con dispositivos de control del tráfico que permiten el cruce seguro de los peatones. Allí, los andenes son continuos, con un ancho superior a 2 m, con rampas, árboles, buena iluminación y buen estado del pavimento. Son zonas con alta actividad peatonal y están conectados con servicios de transporte público y se perciben como seguros. Por otro lado, los andenes con menores valores de caminabilidad se encuentran en segmentos sin iluminación, de baja calidad y sin actividad comercial. Allí no hay presencia de dispositivos de control de tráfico. Además, se encuentran en corredores donde hay un gran flujo de tráfico a alta velocidad. Debido a estas condiciones, no hay gran flujo peatonal en estos segmentos.



Figura 5. Ejemplos de segmentos de calles y su índice de caminabilidad

Por último, ¿qué es lo que más valoran los peatones según su rango de edad y su grupo socioeconómico? La Figura 6 da una idea de ello. Por ejemplo, la valoración por rango de edad se muestra en la Figura 6a. El WI de este segmento para las personas mayores es de 0.62, mientras que es de 0.55 para los jóvenes. En este caso, lo que más valoran las personas mayores es tener una buena calidad de la infraestructura peatonal (ver la Tabla 4). El factor de seguridad vial es bajo en este segmento para los jóvenes, ya que se encuentra junto a una vía de alto tráfico que no se puede cruzar de manera segura.

En cuanto al grupo socioeconómico, el segmento de andén presentado en la Figura 6b tiene un WI de 0.45 para las personas de ESE alto y de 0.53 para las de ESE medio. La diferencia, en este caso, radica en la importancia de los elementos de seguridad y protección percibidos por cada tipo de peatón. Este es un segmento de andén con un semáforo y un cruce peatonal, es amplio y su pavimento está en buenas condiciones. No hay actividad comercial en las proximidades, está cerca de una vía con mucho tráfico y hay pocos peatones. En resumen, cuanto mayor sea el número de elementos del entorno construido que generen una percepción de seguridad positiva frente al tráfico de vehículos y a los asaltos o robos, más valorado será por las personas de ingreso alto.



*a) Diferencias por rango de edad*

*b) Diferencias por ESE*

**Figura 6. Diferencias en WI por rango de edad y ESE**

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Millones de desplazamientos podrían realizarse razonablemente a pie en una ciudad. El uso de vehículos privados, en la mayoría de esos casos, puede llegar a ser excesivo. Pero crear condiciones adecuadas para incentivar la caminata no es una prioridad en la mayoría de las ciudades en desarrollo, ya que sus programas de planificación urbana y sus infraestructuras peatonales suelen ser deficientes. Es necesario contar con calles más deseables y atractivas que fomente la caminata de forma segura y cómoda. Para conseguirlo, es necesario conocer los principales factores que influyen en la caminabilidad, incluidas las diferentes percepciones, necesidades y tipos de peatones. Sin embargo, aún no existe un consenso claro sobre los factores y componentes que deben incluirse en la formulación de un índice de caminabilidad. Se espera que este estudio ayude en ese sentido.

Una novedad de esta investigación es la inclusión de las percepciones de los diferentes tipos de peatones en las interacciones entre el entorno construido y su comportamiento, ya que estudios recientes muestran que los factores subjetivos son muy importantes en la decisión de caminar, aunque no se hayan encontrado diferencias entre hombres y mujeres. Los resultados también tienen importantes implicaciones de diseño y en política pública. En ciudades grandes y segregadas como Bogotá, donde los viajes a pie son una gran parte de la movilidad diaria, el diseño, la construcción y el mantenimiento de entornos peatonales atractivos es esencial para lograr una movilidad sostenible y una ciudad más equitativa y habitable. Un entorno peatonal atractivo podría incluso fomentar el uso del transporte público. Esta es una poderosa herramienta de diagnóstico para la planificación de la red peatonal. Además de una distribución equitativa del espacio de las calles, es igual o más importante fijarse en la calidad de ese espacio. Esto mejorará definitivamente la justicia del transporte en las ciudades.

Tradicionalmente, la literatura relacionada con la caminabilidad ha utilizado variables objetivas de mesoescala, obviando la riqueza de la información detallada a escala micro, especialmente en contextos diferentes y cambiantes como las ciudades latinoamericanas. Centrarse solamente en factores y componentes de mesoescala o de microescala podría producir resultados inconsistentes, principalmente porque ambas escalas involucran factores clave que influyen en la percepción de la caminabilidad por parte de los peatones. Por lo tanto, incluir las percepciones de los peatones y las variables de microescala es importante y debería considerarse obligatorio para evaluar la caminabilidad.

A partir de los resultados del caso de estudio, se observa que hay calles en Bogotá cuyas características atraen a los peatones. Sin embargo, las zonas de menores ingresos, que producen más viajes a pie, tienen los peores niveles de caminabilidad. Esta es una cuestión relevante que enfatiza la importancia de la accesibilidad, la correcta distribución del espacio de la calle y de la calidad de la infraestructura peatonal en la ciudad. En este contexto, las calles más atractivas se caracterizan principalmente por la seguridad vial y la seguridad personal. Estos resultados aportan evidencias complementarias que resaltan la importancia de la sensación de seguridad y protección para incentivar la actividad peatonal y refuerza la evidencia sobre la importancia del entorno construido a escala micro. También se ha demostrado que las preferencias por los factores y componentes de la caminabilidad son diferentes según las características de los peatones. Estas percepciones varían



principalmente según el grupo socioeconómico y el rango de edad, aunque otras características socioeconómicas también pueden ser importantes. Por lo tanto, las percepciones de un mismo segmento de calle son diferentes cuando lo recorren personas distintas.

Las futuras evaluaciones de la caminabilidad podrían incluir a los peatones con problemas de movilidad y de visión. Además, comprender las motivaciones que impulsan a la gente a caminar, más allá de la distancia, puede ser una forma de mejorar la caminabilidad. Por otra parte, sugerimos estimar el WI teniendo en cuenta una muestra más amplia, que represente a todos los tipos de peatones posibles dentro de una ciudad. Por último, este estudio destaca la importancia de considerar las herramientas de planificación peatonal a nivel de ciudad para mejorar la planificación urbana, fomentar los modos de transporte sostenibles y contribuir a una ciudad habitable.

## REFERENCIAS

- Adams, M.A., Frank, L.D., Schipperijn, J., Smith, G., Chapman, J., Christiansen, L.B., Coffee, N., Salvo, D., du Toit, L., Dygrýn, J., Hino, A.A., Lai, P., Mavoa, S., Pinzón, J., Van de Weghe, N., Cerin, E., Davey, R., Macfarlane, D., Owen, N., Sallis, J.F., 2014. International variation in neighborhood walkability, transit, and recreation environments using geographic information systems: the IPEN adult study. *Int. J. Health Geogr.* 13, 43. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-13-43>
- Alfonzo, M.A., 2005. To Walk or Not to Walk? The Hierarchy of Walking Needs. *Environ. Behav.* 37, 808-836. <https://doi.org/10.1177/0013916504274016>
- Arellana, J., Guzman, L.A., Alvarez, V., Oviedo, D., 2021. Walk this way: Pedestrian accessibility and equity in Barranquilla and Soledad, Colombia. *Res. Transp. Econ.* 101024. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.101024>
- Arellana, J., Saltarín, M., Larrañaga, A.M., Alvarez, V., Henao, C.A., 2020. 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.* 40, 183-203. <https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1703842>
- Bongiorno, C., Zhou, Y., Kryven, M., Theurel, D., Rizzo, A., Santi, P., Tenenbaum, J., Ratti,

- C., 2021. Vector-based pedestrian navigation in cities. *Nat. Comput. Sci.*  
<https://doi.org/10.1038/s43588-021-00130-y>
- Cantillo-García, V., Guzman, L.A., Arellana, J., 2019. Socioeconomic strata as proxy variable for household income in transportation research. *Evaluation for Bogotá, Medellín, Cali and Barranquilla.* *DYNA* 86, 258-267.  
<https://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.81821>
- Cervero, R., Kockelman, K., 1997. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 2, 199-219.  
[https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- DeBell, M., Krosnick, J.A., 2009. Computing Weights for American National Election Study Survey Data.
- Ewing, R., Cervero, R., 2010. Travel and the Built Environment. A Meta-Analysis. *J. Am. Plan. Assoc.* 76, 265-294. <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>
- Frank, L., Kerr, J., Chapman, J., Sallis, J., 2007. Urban Form Relationships with Walk Trip Frequency and Distance among Youth. *Am. J. Heal. Promot.* 21, 305-311.  
<https://doi.org/10.4278/0890-1171-21.4s.305>
- Frank, L.D., Sallis, J.F., Saelens, B.E., Leary, L., Cain, K., Conway, T.L., Hess, P.M., 2010. The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. *Br. J. Sports Med.* 44, 924-933. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.058701>
- Geurs, K.T., van Wee, B., 2004. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *J. Transp. Geogr.* 12, 127-140.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Guzman, L.A., Arellana, J., Oviedo, D., Moncada Aristizábal, C.A., 2021a. COVID-19, activity and mobility patterns in Bogotá. Are we ready for a ‘15-minute city’? *Travel Behav. Soc.* 24, 245-256. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.04.008>
- Guzman, L.A., Oviedo, D., Arellana, J., Cantillo-García, V., 2021b. Buying a car and the street: Transport justice and urban space distribution. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 95, 102860. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102860>

- Guzman, L.A., Peña, J., Carrasco, J.A., 2020. Assessing the role of the built environment and sociodemographic characteristics on walking travel distances in Bogotá. *J. Transp. Geogr.* 88, 102844. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102844>
- Haines, A., McMichael, A.J., Smith, K.R., Roberts, I., Woodcock, J., Markandya, A., Armstrong, B.G., Campbell-Lendrum, D., Dangour, A.D., Davies, M., Bruce, N., Tonne, C., Barrett, M., Wilkinson, P., 2009. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. *Lancet* 374, 2104-2114. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61759-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61759-1)
- Hasan, T., Siddique, A., Hadiuzzaman, M., Musabbir, S.R., 2015. Determining the Most Suitable Pedestrian Level of Service Method for Dhaka City, Bangladesh, through a Synthesis of Measurements. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 2519, 104-115. <https://doi.org/10.3141/2519-12>
- Hickman, R., Hall, P., Banister, D., 2013. Planning more for sustainable mobility. *J. Transp. Geogr.* 33, 210-219.
- Kim, S., Park, S., Lee, J.S., 2014. Meso- or micro-scale? Environmental factors influencing pedestrian satisfaction. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 30, 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.005>
- Larranaga, A.M., Arellana, J., Rizzi, L.I., Strambi, O., Cybis, H.B.B., 2019. Using best–worst scaling to identify barriers to walkability: a study of Porto Alegre, Brazil. *Transportation (Amst)*. 46, 2347-2379. <https://doi.org/10.1007/s11116-018-9944-x>
- Larrañaga, A.M., Rizzi, L.I., Arellana, J., Strambi, O., Cybis, H.B.B., 2016. The influence of built environment and travel attitudes on walking: A case study of Porto Alegre, Brazil. *Int. J. Sustain. Transp.* 10, 332-342. <https://doi.org/10.1080/15568318.2014.933986>
- Lucchesi, S.T., Larranaga, A.M., Bettella Cybis, H.B., Abreu e Silva, J.A. de, Arellana, J.A., 2021. Are people willing to pay more to live in a walking environment? A multigroup analysis of the impact of walkability on real estate values and their moderation effects in two Global South cities. *Res. Transp. Econ.* 86, 100976. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100976>
- Lunecke, M.G.H., Mora, R., 2018. The layered city: pedestrian networks in downtown

- Santiago and their impact on urban vitality. *J. Urban Des.* 23, 336-353. <https://doi.org/10.1080/13574809.2017.1369869>
- Manaugh, K., El-Geneidy, A., 2011. Validating walkability indices: How do different households respond to the walkability of their neighborhood? *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 16, 309-315. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.01.009>
- Medaglia, A.L., Sarmiento, O.L., Guzman, L.A., Cabrales, S.A., Huertas, J.A., Palacio, A., Botero, M., Carvajal, G.A., van Laake, T., Higuera-Mendieta, D., 2020. Level of traffic stress-based classification: A clustering approach for Bogotá, Colombia. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 85, 102420. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102420>
- Moura, F., Cambra, P., Gonçalves, A.B., 2017. Measuring walkability for distinct pedestrian groups with a participatory assessment method: A case study in Lisbon. *Landsc. Urban Plan.* 157, 282-296. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.07.002>
- Oviedo, D., Guzman, L.A., 2020. Transportation Planning and Development in Bogotá. Balancing the Urgent and the Strategic, en: Rukmana, D. (Ed.), *The Routledge Handbook of Planning Megacities in the Global South*. Routledge, New York, p. 450. <https://doi.org/10.4324/9781003038160>
- Palma, J.G., Stiglitz, J.E., 2016. Do Nations Just Get the Inequality They Deserve? The “Palma Ratio” Re-examined, en: Basu, K., Stiglitz, J.E. (Eds.), *Inequality and Growth: Patterns and Policy. Volume II: Regions and Regularities*. Palgrave Macmillan UK, London, pp. 35-97. [https://doi.org/10.1057/9781137554598\\_2](https://doi.org/10.1057/9781137554598_2)
- Park, S., Deakin, E., Lee, J.S., 2014. Perception-Based Walkability Index to Test Impact of Microlevel Walkability on Sustainable Mode Choice Decisions. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 2464, 126-134. <https://doi.org/10.3141/2464-16>
- Saelens, B.E., Handy, S.L., 2008. Built Environment Correlates of Walking. *Med. Sci. Sport. Exerc.* 40, S550-S566. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c67a4>
- Saelens, B.E., Sallis, J.F., Frank, L.D., 2003. Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Ann. Behav. Med.* 25, 80-91. [https://doi.org/10.1207/S15324796ABM2502\\_03](https://doi.org/10.1207/S15324796ABM2502_03)
- Salazar Miranda, A., Fan, Z., Duarte, F., Ratti, C., 2021. Desirable streets: Using deviations

- in pedestrian trajectories to measure the value of the built environment. *Comput. Environ. Urban Syst.* 86, 101563. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101563>
- Sarmiento, O.L., Useche, A.F., Guzman, L.A., Rodriguez, D.A., Dronova, I., Guaje, O., Montes, F., Stankov, I., Wilches, M.A., Bilal, U., Wang, X., Peña, F., Quistberg, D.A., Guerra-Gomez, J.A., Diez Roux, A. V., 2021. Built environment profiles for Latin American urban settings: The SALURBAL study. *PLoS One* 16, e0257528. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257528>
- Shashank, A., Schuurman, N., 2019. Unpacking walkability indices and their inherent assumptions. *Health Place* 55, 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2018.12.005>
- Singleton, P.A., Wang, L., 2014. Safety and Security in Discretionary Travel Decision Making. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 2430, 47-58. <https://doi.org/10.3141/2430-06>
- Steinmetz-Wood, M., Kestens, Y., 2015. Does the effect of walkable built environments vary by neighborhood socioeconomic status? *Prev. Med. (Baltim)*. 81, 262-267. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.09.008>
- Steinmetz-Wood, M., Velauthapillai, K., O'Brien, G., Ross, N.A., 2019. Assessing the micro-scale environment using Google Street View: the Virtual Systematic Tool for Evaluating Pedestrian Streetscapes (Virtual-STEPS). *BMC Public Health* 19, 1246. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7460-3>
- Talavera-Garcia, R., Soria-Lara, J.A., 2015. Q-PLOS, developing an alternative walking index. A method based on urban design quality. *Cities* 45, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.03.003>
- Uteng, T.P., Lucas, K., 2017. *Urban Mobilities in the Global South*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315265094>
- Volker, J.M.B., Handy, S., 2021. Economic impacts on local businesses of investments in bicycle and pedestrian infrastructure: a review of the evidence. *Transp. Rev.* 41, 401-431. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1912849>

